

Köln

I. Physikalisches Institut der Universität zu Köln

Zülpicher Straße 77, 50937 Köln
Telefon: (0221) 470-3567, Telefax: (0221) 470-5162
E-Mail: ... @ph1.uni-koeln.de
Internat: <http://www.ph1.uni-koeln.de>

0 Allgemeines

Die Arbeiten am Institut konzentrieren sich auf drei Schwerpunkte: die Astrophysik der interstellaren Materie und Sternentstehung, die Entwicklung von Empfängersystemen, Spektrometern und Kameras für den Submillimeter-, Ferninfrarot- und Nahinfrarot-Spektralbereich und die Molekülspektroskopie im Labor.

Diese Forschungsschwerpunkte sind eingebettet in die folgenden Drittmittelprojekte, die maßgeblich die dafür notwendigen Mittel bereitstellen: *i*) der SFB 494 „Die Entwicklung der Interstellaren Materie: Terahertz-Spektroskopie im Weltall und Labor“, in dem das I. Physikalische Institut mit dem Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn, und dem Radioastronomischen Institut der Universität Bonn zusammenarbeitet. An zentraler Stelle dieses SFB steht die Entwicklung von Instrumentierung für das Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy SOFIA, das ab 2004 in Betrieb geht; *ii*) die vom DLR im Rahmen des deutschen Weltraumprogramms als Beitrag zur ESA cornerstone mission Herschel (früher FIRST) geförderte Beteiligung an einem der drei Fokalinstrumente auf Herschel, dem HIFI (heterodyne instrument for FIRST) Instrument; *iii*) die Förderung im Rahmen der Verbundforschung Astronomie und verschiedene kleinere Drittmittelprojekte.

Das Institut betreibt in Zusammenarbeit mit dem Radioastronomischen Institut der Universität Bonn ein 3-m-Submillimeterteleskop auf dem 3100 m hohen Gornergrat bei Zermatt in der Schweiz. Das Kölner Observatorium für Submillimeter-Astronomie (KOSMA) wird verwaltet von der International Foundation Jungfrauoch and Gornergrat in Bern. Der Betrieb des KOSMA-Teleskops wird mit Mitteln des Landes NRW, der Universität zu Köln und der Universität Bonn unterstützt.

1 Personal und Ausstattung

1.1 Personalstand

Direktoren und Professoren:

Prof. Dr. A. Eckart [-3546], Prof. Dr. W. Neuwirth [-3564] Prof. Dr. R. Schieder [-3568], Prof. Dr. J. Stutzki [-3494] (geschäftsführender Direktor) [-3567].

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. R. Bieber [3495], Dr. T. Giesen [4529], Dr. U. Graf [4092], Dr. H. Hafok [3558], Dr. N. Honingh [4528], Dr. K. Jacobs [3484], Dr. S. Jeyakumar [3485], Priv.-Doz. Dr. C. Kramer [3484], Dr. S. Leon [3548], Dr. F. Lewen [3489], Dr. H. Lichau [2757], Dr. M. Miller [3558], Dr. E. Michael [4092], Dr. H. Müller [3554], Dr. J. Moultaqa [3491], Dr. B. Mookerjee [3485], Dr. V. Ossenkopf [3485], Dr. D. Rabanus [4092], Prof. Dr. S. Pfalzner [3491], Dr. F. Schmölling [5823], Dr. A. Schröder [3497], Dr. O. Siebertz [3483], Dr. C. Straubmeier [3552], Dr. L. Surin [3560], Dr. B. Vowinkel [3550], Dr. Y. Wang [6157], Dr. L. Zealouk [6157].

Doktoranden:

S. Bedorf, M. Brandt, M. Brüll, S. Brünken, M. Caris, G. Fuchs, U. Fuchs, C. Gal, S. Glenz, S. Heyminck, H. Jakob, M. Justen, N. Mouawad, P. Neubauer-Guenther, M. Olbrich, M. Philipp, P. Pütz, F. Schlöder, G. Sonnabend, S. Stanko, J. Stodolka, R. Teipen, T. Tills, A. Wagner, M. Wangler, D. Wirtz.

Diplomanden:

T. Bertram, A. Borch, M. Hartwich, M. Krips, A. Müller, J.-U. Pott, M. P. Pradas, P. Pütz, J. Stodolka, T. Viehmann, J. Zuther.

Sekretariat und Verwaltung:

S. Krämer [3499], B. Krause [3498], M. Selt [3562], K. Sprinkle [7028], A. Vieren [5736].

2 Gäste

Dr. M. Huang, Universität Boston, USA; Dr. A. Magun, Institut für angewandte Physik, Univ. Bern, Schweiz; Dr. S. T. Megeath, Center for Astrophysics, Boston, USA; M. Schäfer, Universität Pittsburgh, USA; Dr. J. Staguhn, NASA, Baltimore, USA; Dr. L. Bronfman, Universität Santiago de Chile; Dr. F. van der Tak, Universität Leiden, Niederlande; Dr. A. Harris, Dep. of Astronomy, Universität Maryland, USA; Dr. Nicolas Decamp, Universität Paris, Frankreich; Dr. D. Jaffe, MPI für extraterrestrische Physik, Garching; Prof. Dr. J. van der Walt, Universität Johannesburg, Südafrika; Prof. Dr. Yuefang Wu, Universität Peking, China; Dr. W. Yu, Universität Peking.

3 Wissenschaftliche Arbeiten

Der SFB 494 befaßt sich mit der Thematik der Entwicklung der interstellaren Materie. In einem Temperaturbereich, der von etwa 10 K in kalten Dunkelwolken bis ungefähr 2000 K in wärmeren Sternentstehungsgebieten reicht, kann die von der interstellaren Materie ausgesandte Strahlung aufgrund ihrer relativ geringen Energie am besten bei Millimeter-, Submillimeter- und fernen Infrarotübergängen gemessen werden. Diese Übergangsregion zwischen dem Radio- und Infrarotbereich des elektromagnetischen Spektrums ist aufgrund der beträchtlichen technologischen Schwierigkeiten, die sowohl in der Detektion der Strahlung, wie auch in der limitierten Transparenz der Erdatmosphäre gründen, spektroskopisch am wenigsten erforscht. Es ist daher eine wissenschaftlich und technologisch bedeutende Herausforderung der nächsten 10 bis 15 Jahre, an der Erschließung dieses Frequenzbereiches, des Terahertz-Bereiches von etwa 1 THz bis ca. 5 THz, mitzuwirken. Dies beinhaltet nicht nur die astronomischen Beobachtungen und deren astrophysikalische Interpretation, sondern schließt auch die Laborspektroskopie ein. Durch den neuen Sonderforschungsbereich, in dem die in Deutschland maßgeblich auf diesem Gebiet arbeitenden Institute ihre Expertise bündeln, wollen wir uns der Aufgabe stellen, den Terahertz-Bereich der Spektroskopie im Labor und Weltraum zu öffnen, um damit die Entwicklung der interstellaren Gas- und Staubbmaterie wissenschaftlich zu erforschen. An zentraler Stelle des SFB 494 stehen somit die Beobachtungsflüge mit dem Stratospheric Observatory For Infrared Astronomy

(SOFIA) und die Entwicklung der dafür nötigen Instrumentierung, die auch für bevorstehende Satelliten-Observatorien wie das Herschel Space Observatory einsetzbar sein soll. Parallel hierzu ist die direkte Untersuchung der zu beobachtenden Kohlenstoffketten- und Kohlenstoffring-Moleküle im Labor unabdingbar. In ihrer Komplexität sind diese Makromoleküle zwischen den bisher untersuchten einfacheren Spezies und den PAHs (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe) einzuordnen und astrophysikalisch somit von großer Tragweite.

3.1 Technische Entwicklungen

KOSMA-Teleskop

Die guten atmosphärischen Bedingungen des Standortes auf dem Gornegrat sowie die Oberflächengenauigkeit des neuen Teleskops erlauben astronomische Beobachtungen bis in die höchsten von der Erde aus zugänglichen atmosphärischen Fenster (bis ca. 900 GHz). In den Wintern 2001/2002 und 2002/2003 kam ein Array-Empfänger zum Einsatz, der simultane Beobachtungen bei 490 und 810 GHz erlaubt. Im Sommer und Herbst 2002 wurden Messungen von CO und Isotopomeren bei 230 GHz und zum Teil simultan bei 345 GHz durchgeführt.

Entwicklung radioastronomischer Empfänger

GREAT

Das Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR), das I. Physikalisches Institut der Universität zu Köln (KOSMA), das DLR-Institut für Weltraumsensorik und Planetenerkundung und das MPI für Aeronomie (MPAe) entwickeln gemeinsam den Terahertz-Empfänger GREAT (German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies). GREAT wird ein Zwei-Kanal Heterodyne Instrument werden für hochauflösende Spektroskopie für SOFIA. Mit dem Teleskop des Stratosphären-Observatoriums werden Messungen des Submm- und Ferninfrarot-Spektralbereiches möglich sein.

STAR

STAR (SOFIA Terahertz Array Receiver) wird ein 16-Pixel-Heterodyn-Spektrometer für den Frequenzbereich um 1.9 THz werden, das am neuen Flugzeug-Observatorium SOFIA für die astronomischen Meßprojekte des SFB 494 eingesetzt werden soll. Beim Aufbau dieses Instrumentes greifen wir auf die bahnbrechend neuen Technologien zurück, die wir in den vergangenen Jahren beim Bau des Empfängers SMART für KOSMA geschaffen haben. Als wissenschaftliche Ziel sind umfangreiche Kartierungen im 158- μm -Feinstrukturübergang des einfach ionisierten Kohlenstoffes vorgesehen. Der geplante Frequenzbereich überdeckt diese Linie einschließlich einer größeren Rotverschiebung und erlaubt auch die Beobachtung einer Reihe weiterer Spektrallinien.

Beiträge zum HIFI-Instrument für den ESA cornerstone Satelliten Herschel

Der ESA cornerstone Satellit Herschel soll 2007 starten und 4.5 Jahre im L2-Orbit tätig sein. Herschel ist das erste Weltraum-Observatorium, das den Submillimeter- und den Fern-Infraroten Spektralbereich abdecken soll. Der Satellit soll drei Instrumente mit sich führen, wobei eines ein hochauflösender Heterodyneempfänger im Wellenlängenbereich 110 bis 600 μm (HIFI) ist. Das I. Physikalisches Institut ist mit mehreren Beiträgen an HIFI beteiligt. Die Spektrometergruppe entwirft und baut ein 4 GHz breitbandiges akustooptisches Spektrometer, das als eines der zwei backends für HIFI dienen soll. Die KOSMA Arbeitsgruppe für supraleitende Detektoren und Mischer entwirft, entwickelt und fabriziert einen Frequenzmischer, der im Bereich 640 bis 800 GHz arbeitet. Des weiteren ist KOSMA in der Datenauswertungs- und in der Kalibrationsarbeitsgruppe aktiv involviert. Es werden jeweils ein DM (Development Model) und ein QM (Qualification Model) gebaut. Die Abgabe der DMs wird Anfang 2003 erfolgen.

Entwicklung von Spektrometern

Die rasante Entwicklung von Array-Empfängern, aber auch die Forderung nach Vergrößerung von ZF-Bandbreite in modernen Empfängern führt zu immer neuen Anforderungen bei den Back-Ends. Für SOFIA werden mehrere Array-AOS entwickelt, die der Flug-Zertifizierung genügen sollen. Gleichzeitig wurden gleichartige Spektrometer für den Gornegrat und auch andere Observatorien, mit denen KOSMA kollaboriert, gebaut und betreut. Um zukünftige Anforderungen bei der Bandbreite zu erfüllen, werden zwei neue Wege untersucht: *i*) Das Laser-Seitenband-Spektrometer mit Möglichkeiten bis zu 20 GHz Bandbreite oder sogar mehr und *ii*) Die Entwicklung von neuartigen Bragg-Zellen, die mindestens 3 bis 4 GHz Bandbreite ermöglichen sollen.

Erzeugung von Submillimeterstrahlung durch Mischung von Nahinfrarot-Lasern

Es gibt seit einigen Jahren erste Experimente, die zeigen, daß auf „Low Temperature Grown Galliumarsenid“ (LTG-GaAs) die Strahlung von zwei 800-nm-Dioden-Lasern überlagert werden kann, daß Strahlung im Bereich von 1 THz und mehr entsteht. Diese Emission soll dazu verwendet werden, supraleitende (SIS-)Mischer oder auch Hot Electron Bolometer Mischer (HEBs) zu pumpen. Der Vorteil solcher Anordnungen ist, daß durch einfache Abstimmung der Laser-Frequenz um gerade einmal 2 nm eine Abstimmung der Mischfrequenz um immerhin 1 THz bewirkt werden kann. Die Untersuchungen im Institut konzentrierten sich zunächst auf die Frage, ob die erzeugte Strahlung bezüglich ihres Signal- zu Rauschverhältnisses auch hinreichend „sauber“ ist, um als Lokaloszillator für Heterodyn-mischer einsetzbar zu sein. Es konnte gezeigt werden, daß ein Signal- zu Rauschabstand – wenige GHz vom Submm-Träger entfernt – von mindestens 100 dB erreicht werden kann.

Infrarot-Heterodympfänger

Das Spektrometer THIS (Tunable Heterodyne Infrared Spectrometer) verwendet einen durchstimmbaren Diodenlaser (TDL) oder einen Quanten-Kaskaden-Laser (QLC) als LO (Lokaloszillator). Um die Überlagerung des LO- und des SKY-Signals zu optimieren, wird ein Fabry-Perot-Interferometer (der Diplexer) anstelle eines konventionellen Strahlteilers benutzt. Damit können 70% der LO-Leistung und 90% der Signalleistung auf den Detektor eingestrahlt werden. Die Länge des Diplexers (und damit seine Transmissionsfrequenz) wird durch einen stabilisierten Helium-Neon-Laser kontrolliert. Der Detektor ist ein mit flüssigem N₂ gekühltes HgCdTe (MCT) Element. Die Mischfrequenz wird mit einem Akusto-Optischen Spektrometer (AOS) registriert.

Nahinfrarot-Interferometrie

LINC (The Visible / Near-Infrared Interferometric Camera for the Large Binocular Telescope LBT) wird gemeinsam vom I. Physikalischen Institut der Universität zu Köln, dem Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg und dem Osservatorio Astrofisico di Arcetri entwickelt. LINC wird im optischen Wellenlängenbereich von 0.6 bis 2.45 μm arbeiten und wird die adaptive Optik und die Möglichkeit zur interferometrischen Beobachtung des LBT voll ausnutzen. Die beiden 8.4-Meter-Spiegel des LBT mit einem Abstand von 14.4 Metern erlauben eine beispiellose Kombination eines außerordentlich großen Gesichtsfeldes von 15 bis 120 Bogensekunden (abhängig vom verwendeten Detektor und der Güte des adaptiven optischen Systems) mit einer hohen Winkelauflösung (z.B. 9 Millibogensekunden bei 1.25 μm). Das Kölner Institut beteiligt sich am komplexen LINC System mit *i*) einem fringe-tracking Detektor für die kontinuierliche Analyse der Qualität der interferometrischen Abbildung, die unabhängig und parallel zu den Aufnahmen des wissenschaftlichen Detektors erfolgen soll, *ii*) der Entwicklung eines numerischen real-time Algorithmus für die Korrektur der atmosphärischen Aberration durch die adaptive Optik des Systems, *iii*) dem Aufbau eines Flüssig-Stickstoff-Dewars für die Kamera mit einer closed cycle Kühlmaschine und *iv*) einem fernsteuerbaren XY- und XYZ-Tisch zur präzisen Positionierung der optischen Elemente im Dewar.

3.2 Laborspektroskopie

Für die Laborspektroskopie wurden hochpräzise, breitbandig scannende Spektrometer im Mikrowellen-, Submillimeter-, Ferninfrarot- und Infrarotbereich entwickelt. Zur Zeit werden eine Reihe von Molekülspezies untersucht, wie z. B. die organischen Moleküle Methyl-ethyl Ether, $\text{H}_3\text{COC}_2\text{H}_5$ und Ethylen Glycol, $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, Isotopomere einiger interstellar häufig vorkommenden Spezies (z.B. HCN , HNC , H_2CO), Salze (z.B. NaCl , KCl), leichte Hydride, Van-der-Waals-Komplexe (z.B. Ne-CH_4 , $\text{H}_2\text{-CH}_4$) und Ring Moleküle, aber auch Kohlenstoff-Ketten-Moleküle (z.B. C_3H) und reine Kohlenstoff-Cluster (z. B. C_{11} , C_{12}). Exakte Labormessungen im Terahertz- und Infrarot-Bereich bilden die Grundvoraussetzung für die reine spektroskopische Identifikation wie auch für alle Zuordnungen nicht identifizierter astrophysikalischer Linien in diesem Frequenzbereich. Die Labor- und die interstellare Spektroskopie sind daher eng miteinander verbunden: hochauflösende Laborspektroskopie im mm/submm- und infraroten Wellenlängenbereich von astrophysikalisch interessanten Molekülen, Ionen Radikalen und liefern Daten zu Übergangsfrequenzen und elektrischen und magnetischen Dipolmomenten. Diese Zusammenarbeit zwischen der KOSMA-Laborgruppe und der Astrophysikgruppe führte zur ersten interstellaren Detektion des 2-fach substituierten Moleküls $^{13}\text{C}^{17}\text{O}$ und der kleinen Kohlenkette CCC .

Düsenstrahlspektroskopie

Das Infrarot-Jet-Spektrometer wird zur Untersuchung von Molekülen mit sehr niedriger Bindungsenergie (kleiner als 100 cm^{-1}) und von Molekülen mit sehr komplexen Absorptionsspektren im Infrarotbereich eingesetzt. Der Nachweis der Moleküle erfolgt durch Infrarot-Absorptionsspektroskopie mit einem hochauflösenden Dioden-Laser-Spektrometer. Die niedrigen Rotationstemperaturen von weniger als 10 K werden in einem adiabatisch expandierenden Überschall-Gas-Jet erreicht. Bei diesen niedrigen Temperaturen steigt die Wahrscheinlichkeit für die Bildung schwach gebundener Moleküle stark an und die Absorptionsspektren zeigen sich durch die niedrigen Anregungstemperaturen wesentlich einfacher.

Höchstauflösende Terahertzspektroskopie im Frequenzbereich von 100 bis 2000 GHz

Im Institut konnte die hochauflösende, breitbandige Spektroskopie bis in den Terahertz-Bereich ($\lambda \leq 0.3\text{ mm}$) ausgedehnt werden. Dies gelang durch die Stabilisierung von kontinuierlich durchstimmbaren Backward-Wave-Oszillatoren (BWOs) aus russischer Fabrikation. Präzise Messungen wurden bisher bis zur Frequenz von 1.3 THz durchgeführt, einer Frequenz, die bisher noch niemals mit Mikrowellentechnologie ohne Verwendung von Multipliern erreicht wurde. Im Terahertz-Bereich können die reinen Rotationsübergänge leichter Moleküle, wie z.B. SH , NH , CN , SO , NH_3 und ihrer Isotopomere gemessen werden. Es können niedrig angeregte Rotationsschwingungen schwererer Moleküle untersucht werden. Weitere Ziele sind die Bestimmung von Referenzfrequenzen für die Submm-Radioastronomie z. B. von SO_2 und CN und die Erstellung von Kalibrationsstandards für die Ferninfrarotregion durch Messungen von CO und HCL mit Sub-Doppler-Auflösung (Lamb dip).

3.3 Astronomie und Astrophysik

Galaktische Astronomie

KOSMA Mid-J CO und CI Survey in galaktischen Sternentstehungsregionen

Ziel des Projektes sind spektral hochaufgelöste Beobachtungen der globalen Verteilung der interstellaren Materie (ISM) in den wichtigen mm-, submm- und FIR-Linien des CO (und seiner Isotopomere), des atomaren Kohlenstoffs ($[\text{C I}]$ 492 und 809 GHz) und des ionisierten Kohlenstoffs ($[\text{C II}]$ 1.9 THz). Diese Linien entstehen in den Außenbereichen von Molekülwolken, dort wo unter dem Einfluß eines UV-Stahlungsfeldes Kohlenstoff auch in ionisierter Form existiert und in einem photochemischen Netzwerk von C^+ nach C^0 oder CO umgewandelt wird. Diese Linien sind die wichtigsten Kühllinien des molekularen Gases. Die $[\text{C II}]$ Feinstrukturlinie bei $158\text{ }\mu\text{m}$ (1.9 THz) ist nur vom Weltraum aus

mit Satellitenteleskopen oder von der Hochatmosphäre aus mit Ballon- oder Flugzeugteleskopen beobachtbar. Bis Oktober 2004, wenn SOFIA einsatzbereit sein soll, wird es keine Möglichkeit geben, [C II]-Beobachtungen durchzuführen. Beobachtungen der beiden Feinstrukturlinien des [C I] bei 492 und 809 GHz sind wichtig für das Verständnis des physikalischen und chemischen Beschaffenheit der Photonen dominierten Regionen (PDR), die sich im Übergangsbereich zwischen vollständig ionisiertem Gas und der molekularen interstellaren Materie befinden. Eine ähnliche Bedeutung haben auch die mittel-angeregten CO-Übergänge (Mid-J-Quantenzahlen), die im UV-Strahlungsfeld auf der Oberfläche von Molekülwolken oder auf Klumpen innerhalb von großen Molekülwolken auftreten. Beobachtungen bei diesen Frequenzen sind von ergebundenen Teleskopen aus möglich, wenngleich auch hochgelegene Standorte notwendig sind. Zur Zeit werden großräumige Kartierungen mit dem KOSMA-3-m-Teleskop, dem IRAM-30-m-Teleskop, dem 10-m-Heinrich-Hertz-Teleskop, dem AST/RO-1.6-m-Teleskop und anderen durchgeführt. Mit dem KOSMA-Teleskop wurden ausgedehnte Regionen im Bereich von Sharpless 106 und W3 in den beiden [C I]-Linien bei 492 und 809 GHz und in den CO-Übergängen J=4-3 bei 460 GHz und J=7-6 bei 807 GHz kartiert. Weitere Quellen werden in der Beobachtungsperiode Winter 2002/2003 untersucht.

Die physikalischen Eigenschaften prästellarer Kerne

Am Beispiel der Dunkelwolke, die mit IC 5146 assoziiert ist, untersuchen wir das Gas und den Staub einer kalten Molekülwolke, die einen dichten Kern besitzt, der womöglich der Vorläufer eines zukünftigen Protosterns ist. Die bisherigen Beobachtungen, die fortgeführt werden, brachten die folgenden ersten Ergebnisse: Die CO-Moleküle frieren aus der Gasphase auf den Staubkörnern des kalten, dichten Kernes aus. Dadurch wird die Häufigkeit der freien CO-Moleküle signifikant reduziert, was auch das thermische Gleichgewicht im Kern ändert. Die thermische Kontinuum-Emission im Millimeterwellenlängenbereich ist nicht unbedingt ein brauchbarer Indikator für die Verteilung der Staubdichte, weil die Kerne nicht als isotherm angesehen werden können und weil auch die Staubkorngröße Entwicklungseffekte zeigt. Die Kombination der optischen Extinktionsdaten aus NIR-Beobachtungen und der Staubemissionsdaten, die bei mehreren Wellenlängen gemessen wurden, ermöglicht die unabhängige Bestimmung des Temperaturverlaufes und der Staubkornentwicklung.

KOSMA Galactic Ring Survey

Ziel dieser Untersuchungen ist es, die Anregungsbedingungen und ihre Variationen in einem ausgewählten Teilgebiet des galaktischen molekularen Ringes (GMR) zu studieren. Dazu dienen Messungen der niedrigen Rotationsübergänge von CO und ^{13}CO mit dem KOSMA-Teleskop, die verglichen werden mit den Daten des ^{13}CO J=1-0 GMR-Surveys der Boston University. Unsere Beobachtungen wurden als On-The-Fly-Messungen in jeweils 0.25 Quadratgrad großen Teilgebieten durchgeführt. Die Positionen liegen bei $l = 45^\circ$ und $b = 0^\circ$ in galaktischen Koordinaten. Benutzt wurde der KOSMA-2-Kanal-SIS-Empfänger, der gleichzeitig die 12/ ^{13}CO -Übergänge mit J=2-1 und J=3-2 messen kann.

Entstehung massereicher Sterne in der Cygnus-X-Region

Dieses Projekt wird in Kooperation mit dem Observatoire de Bordeaux durchgeführt. Das Ziel ist die Klärung folgender offener Fragen: Was sind die Anfangsbedingungen, die zur Bildung massereicher Sterne führen (z. B. die IMF = Initial Mass Function)? Welche Startmechanismen sind dazu erforderlich? Wie entstehen Sternhaufen? Wie sieht die Evolutionssequenz massereicher Sterne aus? Spiegelt die IMF der Sterne eines Haufens bestimmte Eigenschaften des interstellaren Mediums wider, aus dem die Sterne entstanden sind? Untersucht wird hierbei die Cygnus-X-Region als Beispiel einer aktiven nahegelegenen Riesen-Molekülwolke (GMC) mit andauernder Bildung massereicher Sterne. Dazu werden großräumige Kartierungen in $^{13}\text{CO}(3-2)/(2-1)$ mit dem KOSMA-Teleskop gemacht. Die komplexe Radiostruktur der Cygnus-X-Region (zwischen $l = 75^\circ$ und $l = 85^\circ$) wird interpretiert als Teil des lokalen Spiralarmes, der von uns aus tangential gesehen wird. Mehrere

GMCs mit einer Gesamtmasse in der Größenordnung von 10^7 Sonnemassen liegen entlang der Sichtlinie in Entfernungen von 0.5 bis 2 kpc, darunter auch die gut bekannten hellen IR-Quellen DR21, DR21(OH), S106, W75 und AFGL2591. Das Gebiet enthält auch die sternreichste OB-Assoziation, die in unserer Milchstraße bekannt ist: Cygnus OB 2 und eine Vielzahl von H II-Regionen.

Das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße

Die Geschwindigkeiten des interstellaren Gases und der Sterne nehmen in Richtung zur Position von Sagittarius A* (Sgr A*) immer mehr zu und zeigen damit, daß eine große kompakte Masse von 1 bis $3 \cdot 10^6$ Sonnenmassen im Zentrum der Milchstraße vorhanden sein muß. Diese Beobachtungen aus den letzten 2 Dekaden wurden mit Radialgeschwindigkeitsmessungen an Sternen und Gas gewonnen. Eine sichere Bestimmung der Masse des zentralen Objektes ist allerdings nur möglich, wenn das komplette Geschwindigkeitsfeld (Radial- und Transversalgeschwindigkeiten) bekannt ist. Sterne sind dafür bessere Beobachtungsobjekte als Gaswolken, da ihre Geschwindigkeit nicht von Magnetfeldern oder Reibungskräften beeinflusst wird. Die Bewegung der Sterne zeigt die Stärke des Gravitationspotentials an, so daß die Gesamtmasse und die Massenkonzentration im innersten Kubicparsec der Milchstraße bestimmt werden kann. Aus hochauflösenden Nahinfrarotbildern der letzten 10 Jahre konnte die Eigenbewegung von mehr als 100 Sternen im Abstand von 0.01 bis 0.3 pc von der kompakten Radioquelle Sgr A* bestimmt werden. Vergleicht man einzelne Bilder mit verschiedenen Aufnahmezeitpunkten, so findet man im Umfeld von 1 Bogensekunde (0.04 pc) vom Zentrum mehrere sich schnell bewegende Sterne, die Geschwindigkeiten von bis zu 1000 km/s erreichen (bei Sternen im Abstand von 0.01 pc von Sgr A*). Aus diesen Daten läßt sich eine zentrale Masse von $3 \cdot 10^6$ Sonnemassen ableiten, die innerhalb einer Lichtwoche Abstand von der kompakten Radioquelle liegt. Die Massendichte beträgt mehr als $3.7 \cdot 10^{12}$ Sonnenmassen pro Kubicparsec. Ausgehend von diesen Beobachtungsergebnissen versucht eine Arbeitsgruppe unseres Institutes ein Modell der Dynamik der zentrumsnahen Sterne zu erstellen.

Extragalaktische Astronomie

Die Kölner Auswahl naher Quasistellarer Objekte

Seit vielen Jahren werden aktive galaktische Kerne (AGN) in der extragalaktischen Astrophysik lebhaft diskutiert. Es konnte ein einheitliches Modell entwickelt werden, das zahlreichen Erscheinungsformen der AGN beschreiben kann als Folge unterschiedlicher Orientierung relativ zur Sichtlinie. Andere Modelle versuchen unterschiedliches Aussehen der AGN als Evolutionsprozeß oder als Folge von Wechselwirkungen zwischen dem AGN und der Muttergalaxie zu beschreiben. Diese Modelle betrachten verstärkte Sternentstehung während des Evolutionsprozesses und berücksichtigen reichlich vorhandene Materie, die aus der Umgebung des AGN einströmt.

Um weitere Erkenntnisse zu gewinnen und um die Modelle testen zu können, müssen die kernnahen Umgebungen der AGN im Detail untersucht werden. Dazu ist es notwendig, die AGN von den umgebenden Sternentstehungsregionen getrennt beobachten zu können. Quasistellare Objekte (QSOs) mit ihren außerordentlich optisch hellen Kernen bilden eine sehr interessante Untergruppe der AGN, da sie die höchsten Aktivitäten der ganzen Objektklasse zeigen.

Trotzdem ist es auch mit fortschrittlichen Beobachtungstechniken, wie mit den Interferometern von IRAM und BIMA im mm-Wellenlängenbereich oder mit dem LBT und VLT im NIR-Bereich, nur von den nächst gelegenen Objekten möglich, hochaufgelöste Bilder zu bekommen.

Unser Katalog enthält daher eine Auswahl der nächsten QSOs, deren Muttergalaxien im Detail untersucht werden können. Die Objekte wurden aus dem Hamburg/ESO survey for bright QSOs und dem Veron-Cetty und Veron quasar catalogue ausgewählt. Es wurden nur Objekte mit einer Rotverschiebung von $z \leq 0.06$ genommen. Bisher wurden eine Reihe von Beobachtungen solcher Objekte mit den Instrumenten BIMA, IRAM, SEST SHARP durchgeführt.

Die NUGA Auswahl Extragalaktischer Quellen

NUGA ist die Abkürzung für NUClei of GALaxies. Das NUGA Projekt ist ein internationales Forschungsvorhaben, an dem Frankreich, Spanien, Italien, die USA und Deutschland beteiligt sind. Ziel ist die Bestimmung der Verteilung und Dynamik des molekularen Gases in der innersten Region (≈ 1 kpc) um die Kerne aktiver Galaxien mit höchstmöglicher räumlicher Auflösung (≈ 30 – 100 pc). Aus solchen Beobachtungen soll abgeleitet werden, durch welche Mechanismen das Gas in die Aktiven Galaktischen Kerne (AGN) einströmen kann. Das NUGA-Projekt ist der erste interferometrische CO-Survey, der auf einer signifikanten Auswahl von AGNs basiert und der uns von diesen Objekten Bilder mit höchstmöglicher räumlicher Auflösung geben soll. Es wurden insgesamt 27 Seyfert- und LINER-Galaxien nach folgenden Kriterien ausgewählt: 1. Die Kerne der Galaxien zeigen eine $^{12}\text{CO}(1-0)$ -Emission mit T_A^* zwischen 40–140 mK, die mit den single dish Teleskopen am FCRAO, NRO oder IRAM nachgewiesen wurde. 2. Die Galaxien sind nahe genug, so daß sie mit hoher räumlicher Auflösung beobachtet werden können (etwa 1 arcsec = 30–100 pc). 3. Die Inklinationen liegen zwischen 30° und 60° , somit läßt sich das Geschwindigkeitsfeld und die Morphologie der Galaxie gut untersuchen. Die Deklinationen sind $\leq 10^\circ$, damit die Radiobeams rund sind. 4. Es müssen hoch aufgelöste optische und/oder NIR-Bilder des HST oder von Teleskopen mit adaptiven Optiken verfügbar sein. 5. Zu Vergleichszwecken enthält die Auswahl auch einen Typ früher Galaxien, die weder zu den Seyfert- noch den LINER-Galaxien gehören, die aber eine massereiche Zentralregion haben. Solche Galaxien können ein massereiches Schwarzes Loch enthalten, das aber relativ inaktiv ist.

4 Diplomarbeiten, Dissertationen, Habilitationen

4.1 Diplomarbeiten

Pott, J.-U.: „Kerne aktiver Galaxien am Beispiel von NGC 3718 und J1101+7225“

Viehmann, T.: „Mid-IR-Beobachtungen des galaktischen Zentrums“

Abgeschlossen:

Bertram, T.: „Interferometry from the mm- to the near infrared wavelength domain: The closest QSOs and the construction of a NIR fringe tracker“

Munoz-Pradas, P.P.: „Herstellung von supraleitenden Hot-Electron-Bolometern auf infrarotdurchlässigen Substraten“

Jakob, H.: „Modularisierung und Flexibilisierung des astronomischen Positionierungssystems am KOSMA 3m-Teleskop für Array-Empfänger“

Hartwich, M.: „Molecular gas dynamics in NGC 3718“

Zuther, J.: „Near-infrared observations of galaxies with active and adaptive optics“

4.2 Dissertationen

Abgeschlossen:

Stanko, S.: „Design, Realisierung und Verifizierung der Steuerung des Submillimeter Array-Receiver for Two-Frequencies (SMART) im Labor- und Teleskopeinsatz“

Sonnabend, G.: „Aufbau und Charakterisierung des Infrarot-Heterodyn-Spektrometers THIS“

Laufend:

Bedorf, S.: „Entwicklung von Hot-Electron-Bolometern aus NbTiN und anderen Materialien“

Brüll, M.: „KOSMA Beobachtungen im galaktischen Ring - Eine CO Multiliniyanalyse“

Brünken, S.: „THz-Spektroskopie an astrophysikalisch relevanten Molekülen“

Gal, C.: „Development of an Akustoo-Optical Spektrometer“

Fuchs, G.: „Measurements on linear C₄N, C₆N and isotopic C₃N“

Fuchs, U.: „High resolution spectroscopy on complex molecules“

Mouawad, N.: „Stellar Dynamics at the Center of the Milky Way“

Olbrich, M.: „Entwicklung eines breitbandigen akustooptischen Spektrometers“

Pütz, P.: „Fabrication of SIS devices for heterodyne mixer applications with Electron Beam Lithography and Chemical Mechanical Planarization“

Stodolka, J.: „Diffusionsgekühlte Niob-Hot-Electron-Bolometer als Terahertz-Heterodyn-mischer“

Wangler, M.: „Hochauflösende Infrarot-Spektroskopie an Edelgas-Methan Van der Waals Komplexen“

Wirtz, D.: „Beobachtungen mit dem QCL-gepumpten IR-Heterodyn-System THIS“

5 Tagungen, Projekte am Institut und Beobachtungszeiten

5.1 Projekte und Kooperationen mit anderen Instituten

Sonderforschungsbereich 494 der DFG „Die Entwicklung der interstellaren Materie: Terahertz-Spektroskopie im Weltall und Labor“

SWAS: Auswertung der Daten des NASA SMEX-Satelliten SWAS (DLR)

Aufbau eines Mischerkanales für das Heterodyn-System HIFI auf der ESA Cornerstone-Mission HERSCHEL (DLR)

Entwicklung eines raumfahrttauglichen Akustooptischen Spektrometers (AOS) für HIFI auf HERSCHEL (DLR)

Materialuntersuchung und Beschaffung von Rutil zur Entwicklung einer breitbandigen Bragg-Zelle (DLR)

AST/RO: 1.7-m-Submm-Off-Axis-Teleskop (PI: Dr. A. Stark, CfA, Cambridge, U.S.A.); Kölner Beitrag sind zwei breitbandige und ein hochauflösendes AOS sowie ein 810-GHz-Mischer

ESTEC Contract on Submm-Wave Heterodyn Receiver and Integrated Antenna Technology Developments (CCN8 on STS), Forschungskooperationsvertrag mit SRON

Development and Fabrication of an Array-Akustooptical Spectrometer (AAOS) for the Caltech Submm-Observatory (CSO), California Institute of Technology

Bau von zwei breitbandigen AOS für das Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Forschungszentrum Karlsruhe

Entwicklung hochfrequenter SIS-Mischer in Zusammenarbeit mit dem MRAO/Cambridge, England (Prof. R. Hills)

Entwicklung und Bau einer Nahinfrarot-Kamera für den interferometrischen Strahlvereiner des LBT (Large Binocular Telescope) auf dem Mt. Graham in Arizona. Dies findet in Zusammenarbeit mit dem MPI für Astronomie in Heidelberg sowie dem Osservatorio Astrofisico di Arcetri statt

Supraleitender Heterodyn-mischer für Atmosphärenphysik

6 Auswärtige Tätigkeiten

6.1 Vorträge und Gastaufenthalte

Eckart, A.: „The Dark Mass at the Center of the Milky Way“, talk at the Dark2002 Conference on the physics of dark matter, held in Cape Town, South Africa, February 4–9, 2002

Eckart, A.: „The Black Hole at the Center of the Milky Way“, talk given at the University of Magdeburg, on the April 24, 2002

Eckart, A.: „Scientific Potential for Interferometric Observations of the Galactic Center“, invited talk given at the SPIE Meeting on Astronomical Telescopes and Instrument Future Research Directions & Visions for Astronomy, August 22–28, 2002, in Waikoloa, Hawaii

Eckart, A.: „Long Range Science Perspectives for the VLTI“, invited talk held at a JENAM meeting on: The VLTI – Challenges for the Future, Porto, Portugal, September 4–7, 2002

Eckart, A.: „Am Anfang war das Licht: Wie der Kosmos entstand und andere Welträtsel“, öffentlicher Vortrag, Stadtakademie Frankfurt, 8. Oktober 2002

Eckart, A.: „Das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße“, talk at the VHS Krefeld, October 29, 2002

Eckart, A.: „VLT NIR/MIR Observations of the Central Cluster“, talk given at the Galactic Center Workshop 2002, Kailua-Kona, Hawaii, November 3–8, 2002

Eckart, A.: „Latest Results from the Galactic Center“, talk at a workshop on ‘Centers of Galaxies’ held at Ringberg Castle, November 11–15, 2002, hosted by the MPIA and the MPE

Eckart, A.: „Von Kugelsternhaufen, wechselwirkenden Galaxien und Schwarzen Löchern“, talk at the VHS Köln, November 13, 2002

Eckart, A.: „Das Galaktische Zentrum“, contribution to the Ringvorlesung: Kosmische Zusammenhänge, held at the RWTH Aachen, November 21, 2002

Kramer, C.: „Dust properties of prestellar cores in IC 5146“, talk at the workshop on „Galactic star formation across the stellar mass spectrum“, held in La Serena, Chile, March 11–15, 2002

6.2 Beobachtungsaufenthalte, Meßkampagnen

Observ. Hoher List, Eifel, Deutschland: Sonnabend, G., Wirtz, D., Schieder, R., „Einsatz des Spektrometers THIS“, 24.4.–6.5.02

Swedish-ESO Submillimeter Telescope, La Silla, Chile: Straubmeier, C., „CO-Beobachtungen des Cologne nearby QSO sample“, Nov. 2002

Mc Math-Pierce West Auxiliary Telescope, Kitt Peak, Arizona: Sonnabend, G., Wirtz, D., Schieder, R., „Einsatz des Spektrometers THIS“, (H₂O, SiO in Sonnenflecken, non-LTE CO₂-Emission in der Venusatmosphäre), 21.11.–2.12.02

6.3 Kooperationen

Radioastronom. Institut der Universität Bonn, Prof.Dr. U. Mebold, Prof. Dr. K.S. de Boer, Prof. Dr. U. Klein

DLR-WP, Berlin, Dr. P. Röser

MPIA Heidelberg, Dr. Tom Herbst, Prof. Dr. H.-W. Rix, Gemeinsames Verbundforschungsprojekt zum LBT Strahlvereinerger

Friedrich Schiller Universität Jena, Prof.Dr.Th.Henning, Dipl.Phys. S. Umbreit, Dynamik von Akkretionsscheiben

Universität Bern, Schweiz, Dr. J. Magun

MRAO, Cambridge, UK, Dr. S. Withington, Dr. G. Yassin

University of Nijmegen, Niederlande, Prof. Dr. A. van de Avoird

SRON Groningen, Niederlande, Dr. TH. de Graauw

Onsala Space Observatory, Onsala, Sweden, Dr. R. Booth

Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Florenz, Prof. Dr. P. Salinari, LBT Strahlvereiniger
MPE, Garching, Prof. Dr. Reinhard Genzel, Dr. R. Hofmann, Long term GTO program
„Studying the Galactic Center with CONICA“
MPIfR, Bonn, Dr. K. Menten, Dr. R. Güsten, Dr. F. Bertoldi, Dr. P. Schilke, Dr. T. Wilson
Max Planck Institut für Aeronomie, Lindau, Dr. P. Hartogh
ETH Zürich, Prof. A. Benz
Observatoire de Bordeaux, Dr. S. Bontemps, Dr. N. Schneider
Potchefstroom University, South Africa, Prof. van der Walt
Universität Bochum, Prof. Dr. R. Chini, Dr. S. Hüttemeister
Forschungszentrum Karsruhe, Dr. G. Hochschild
Observatorio Astronomico Nacional (IGN), Madrid, Spanien, S. Garcia-Burillo, NUGA
(Plateau de Bure observations of galactic nuclei)
Observatoire de Paris, DEMIRM, Paris, Frankreich, F. Combes, NUGA (Plateau de Bure
observations of galactic nuclei).
Institut für Astronomie im Millimeterbereich, Grenoble, Frankreich, Dr. D. Downes, Dr.
R. Neri
Lab. PhLAM, Universität Lille, Frankreich, Prof. Dr. J. Demaison
CAISMI (IRA), Florenz, Italien, Prof. Dr. J. Demaison
Center for Astrophysics, Cambridge, USA, Prof. Dr. T. Stard, Dr. P. Thaddeus, Dr. G.
Melnick, Dr. S.T. Megeath, Dr. V. Tolls, Dr. T. Bourke
United States Naval Observatory, Washington DC, USA, Dr. R.A. Gaume
Goddard Space Flight Center Washington DC, USA, Dr. G. Chin
California Institute of Technology, Pasadena, USA, Dr. T. Philips, Dr. J. Zmudzin, Dr.
J. Kooi
JPL, Pasadena, USA, Dr. P. Siegel, Dr. B. Langer, Dr. M.A. Frerking, Dr. M. Seiffert, Dr.
E.A. Cohen
UCLA, Los Angeles, USA, Dr. E. Becklin, Dr. J. Horn
Univ. of Arizona, Tucson, USA, Dr. C. Walker
Dept. of Astronomy, Univ. of Massachusetts, Amherst, USA, Dr. B. Irvine
National Research Council, Canada, Dr. McKeller
ESO, Santiago, Chile, Dr. L.-A. Nyman, Dr. D. Brooks
ESO, Garching, Dr. J. Alves
Universidad de Chile, Santiago, Chile, Prof. Dr. G. Garay, Prof. Dr. L. Bronfman
NASA/ Goddard, USA, Dr. J. Staguhn, Dr. P.J. Teuben (U. of Maryland): BIMA Beob-
achtungen der Kölner QSO Stichprobe
Friedrich Schiller Universität Jena, Prof. Dr. Th. Henning, Dipl.-Phys. S. Umbreit, Dy-
namik von Akkretionsscheiben
Observatoire de Bordeaux, Charmandaris, V, Cornell University, Dr. J. Braine
Universidad de Guanajuato, Dr. E. Brinks, Zusammenarbeit zu Tidal Dwarf galaxies
Department für Astrophysik, Universität Peking, Prof. Dr. Y. Wu
HIFI Mixer Subsystem Group

7 Veröffentlichungen

7.1 In Zeitschriften und Büchern

Erschienen:

- Eckart, A.: Astronomy: X-rays reveal the Galaxy's centre. *Nature* **415** (2002), 128
- Eckart, A., R. Genzel, T. Ott, R. Schödel: Stellar orbits near Sagittarius A*. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **331** (2002), 917
- Jiang, L., Wu, Y., Miller, M.: A submillimeter observation and study of star-forming regions. *Chinese Sci. Bull.* **47** (2002), 16
- Leeuw, L.L., T.G. Hawarden, H.E. Matthews, E.I. Robson, A. Eckart: Deep Submillimeter Imaging of Dust Structures in Centaurus A. *Astrophys. J.* **565** (2002), 131
- Neuhäuser, R., E. Guenther, M. Mugrauer, T. Ott, A. Eckart: Infrared imaging and spectroscopy of companion candidates near the young stars HD 199143 and HD 358623 in Capricornus. *Astron. Astrophys.* **395** (2002), 877
- Neuhäuser, R., E.W. Guenther, J. Alves, N. Grosso, C. Leinert, T. Ratzka, T. Ott, M. Mugrauer, F. Comeron, A. Eckart, W. Brandner: Deep infrared imaging and spectroscopy of the nearby late M-dwarf DENIS-P J104814-3956062. *Astron. Nachr.* **323** (2002), 447
- Ossenkopf, V. M.-M. Mac Low: Turbulent velocity structure in molecular clouds. *Astron. Astrophys.* **390** (2002), 307
- Ossenkopf, V.: Molecular line emission from turbulent clouds. *Astron. Astrophys.* **391** (2002), 295
- Schödel, R., T. Ott, R. Genzel, R. Hofmann, M. Lehnert, A. Eckart, N. Mouawad, T. Alexander, M.J. Reid, R. Lenzen, M. Hartung, F. Lacombe, D. Rouan, E. Gendron, G. Rousset, A.-M. Lagrange, W. Brandner, N. Ageorges, C. Lidman, A.F.M. Moorwood, J. Spyromilio, N. Hubin, K.M. Menten: A star in a 15.2-year orbit around the supermassive black hole at the centre of the Milky Way. *Nature* **419** (2002), 694
- Schneider, N., R. Simon, C. Kramer, J. Stutzki, S. Bontemps: A multiwavelength study of the S106 region. I. Structure and dynamics of the molecular gas. *Astron. Astrophys.* **384** (2002), 225
- van Zadelhoff, G.-J., C.P. Dullemond, F.F.S. van der Tak, J.A. Yates, S.D. Doty, V. Ossenkopf, M.R. Hogerheijde, M. Juvela, H. Wiesemeyer, F.L. Schöier: Numerical methods for non-LTE line radiative transfer: Performance and convergence characteristics. *Astron. Astrophys.* **395** (2002), 373
- ### 7.2 Konferenzbeiträge
- Baganoff, F.K., M.W. Bautz, G.R. Ricker, M. Morris, E.E. Becklin, A.M. Ghez, S.D. Hornstein, A.M. Tanner, W.N. Brandt, G. Chartas, E.D. Feigelson, G.P. Garmire, A.S. Cotera, P.M. Hinz, W.F. Hoffmann, M.R. Meyer, A. Eckart, R. Genzel, J.-H. Zhao, R.M. Herrnstein, J.L. Hora, J.-P. Macquart, Y. Maeda, R.J. Sault, G.B. Taylor, F. Walter: Multiwavelength Monitoring of Sgr A* During Chandra Observations of Multiple X-ray Flares. In: *Am. Astron. Soc. Meeting 201 (2002) #31.08*, 201
- Combes, F., S. Garcia-Burillo, F. Boone, L.K. Hunt, S. Leon, A. Eckart, A. Baker, L. Tacconi, P. Englmaier, E. Schinnerer, R. Neri: Molecular gas in the 3-ringed Seyfert/Liner galaxy NGC 7217. In: *SF2A-2002: Semaine de l'Astrophysique Francaise*
- Eckart, A., Straubmeier, Ch.: The Dark Mass at the Center of the Milky Way. In: *Klapdor-Kleingrothhaus, H.V., Viollier, R.D. (eds.): Dark Matter in Astro- and Particle Physics. Proc. Fourth Int. Heidelberg Conf. held in Cape Town, South Africa, 4-9 February, 16, 2002*

- Garcia-Burillo, S., F. Combes, A. Eckart, L. Tacconi, L. Hunt, S. Leon, A. Baker, P. Englmaier, F. Boone, E. Schinnerer, R. Neri: Nuclei of Galaxies: The PdBure survey of nearby AGN hosts (NUGA). In: Collin, S., Combes, F., Shlosman, I. (eds.): Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host Galaxy. To be published in Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. 55
- Jakob, H., Kramer, C., Mookerjea, B., Tieftrunk, A.R., Stutzki, J.: The photon dominated region W 3. In: Schielicke, R.E. (ed.): Short Contrib. AG 2002 Berlin. Astron. Nachr. **324** (2003), Suppl. Issue 2, 64
- Kramer, C., J. Alves, C. Lada: The Physical Structure of a Prestellar Core in IC 5146. In: The Origins of Stars and Planets: The VLT View. Proc. ESO Workshop held in Garching, Germany, 24–27 April 2001, 45
- Leon, S., A. Eckart: Nuclear starburst, outflows and molecular gas in the LINER galaxy NGC 6764. In: Collin, S., Combes, F., Shlosman, I. (eds.): Active Galactic Nuclei: from Central Engine to Host Galaxy. To be published in Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. 51
- Miller, M., Graf, U.U., Kinzel, R., Kramer, C., Lettau, M., Stenvers, K., Stutzki, J.: Photogrammetric Surface Measurement of the KOSMA 3 m-Telescope. In: Astronomical Telescopes and Instrument Future Research Directions & Visions for Astronomy. SPIE Meeting, August 22–28, 2002, in Waikoloa, Hawaii
- Mookerjea, B., Kramer, C. et al.: A multiline study of star-forming regions. In: Galactic star formation across the stellar mass spectrum. La serena, Chile
- Neuhäuser, R., E. Guenther, W. Brandner, N. Huelamo, T. Ott, J. Alves, F. Cómeron, J. Cuby, A. Eckart: Direct Imaging and Spectroscopy of Substellar Companions Next to Young Nearby Stars in TWA. In: The Origins of Stars and Planets: The VLT View. Proc. ESO Workshop held in Garching, Germany, 24–27 April 2001, 383
- Sonnabend, G., D. Wirtz, R. Schieder, A. Eckart: Proposal for a VLT Multichannel Infrared Heterodyne Instrument Based on THIS (Tuneable Heterodyne Infrared Spectrometer). In: Scientific Drivers for ESO Future VLT/VLTI Instrumentation. Proc. ESO Workshop held in Garching, Germany, 11–15 June, 2001. 225
- Staguhn, J.G., A. Eckart, E. Schinnerer, P.J. Teuben: Interferometric Observations of Molecular Clouds in the Host Galaxy of the QSO I Zw 1. In: Am. Astron. Soc. Meeting 201, #112.05, 201
- Straubmeier, C., Eckart, A., Bertram, T., Zealouk, L., Wang, Y.: The correction of Pistonic Aberrations at the LBT. In: Astronomical Telescopes and Instrument Future Research Directions & Visions for Astronomy. SPIE Meeting, August 22–28, 2002, in Waikoloa, Hawaii
- Straubmeier, C., Eckart, A., Herbst, T.: The LBT visible/near-infrared interferometric Camera. In: Galactic Center Workshop in Kona/Hawaii, Sept. 2002
- Tieftrunk, A.R., S. Thorwirth, S.T. Megeath: High-Mass Stars as an Early Signpost of Cluster Formation. In: Crowther, P.A. (ed.): Hot Star Workshop III: The Earliest Stages of Massive Star Birth. Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. **267** (2002), 247

Jürgen Stutzki

